

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-269601/

(43)Date of publication of application : 05.10.1999/

---

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C22C 38/12

---

(21)Application number : 11-005985 /

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 13.01.1999 /

(72)Inventor : KUNITANI NORIHIRO  
OGURA MASAYOSHI

(30)Priority

Priority number : 10 7123 Priority date : 19.01.1998 Priority country : JP

---

(54) STEEL FOR COLD WORKING EXCELLENT IN INDUCTION HARDENABILITY, PARTS FOR MACHINE STRUCTURE AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a steel excellent in cold workability and induction hardenability, and in which grains are not coarsened by induction hardening, to produce parts for machine structures using it as a base material steel and to provide a method for producing the same.

SOLUTION: A steel for cold working excellent in induction hardenability is the one having a compsn. contg., by weight, 0.40 to 0.60% C, 0 to 0.40% Si, 0.10 to 0.60% Mn, 0.0005 to 0.005% B, 0.005 to 0.05% Nb and 0.015 to 0.10% Al, furthermore contg. 0 to 0.30% Pb, 0 to 0.10% Bi and 0 to 0.10% Te, and the balance Fe with inevitable impurities, and in which, in the impurities,  $\leq 0.015\%$  P,  $\leq 0.015\%$  S,  $\leq 0.10\%$  Cu,  $\leq 0.10\%$  Ni,  $\leq 0.15\%$  Cr,  $\leq 0.10\%$  Mo,  $\leq 0.005\%$  N and  $\leq 0.005\%$  O are regulated. Parts for machine structures are ones in which a base material steel has the similar chemical compsn., having spheroidized carbides and provided with a quench-hardened layer on the outer circumferential part.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3419333

[Date of registration] 18.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] By weight %, C:0.40 - 0.60%, Si:0-0.40%, Mn:0.10-0.60%, B:0.0005 - 0.005%, Nb:0.005-0.05%, aluminum:0.015-0.10% is included. Further Pb:0-0.30%, Contain Bi:0-0.10% and Te:0-0.10%, and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity. 0.005% or less and O are the steel for cold working which P in an impurity was excellent 0.015% or less, and was [ S ] excellent in the induction hardening nature 0.10% or less and whose N of 0.15% or less and Mo 0.10% or less and Cr are [ Cu ] 0.005% or less for 0.10% or less and nickel 0.015% or less.

[Claim 2] By weight %, C:0.40 - 0.60%, Si:0-0.40%, Mn:0.10-0.60%, B:0.0005 - 0.005%, Nb:0.005-0.03%, Contain aluminum:0.015-0.10% and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity. 0.005% or less and O are the steel for cold working which P in an impurity was excellent 0.015% or less, and was [ S ] excellent in the induction hardening nature 0.10% or less and whose N of 0.15% or less and Mo 0.10% or less and Cr are [ Cu ] 0.005% or less for 0.10% or less and nickel 0.015% or less.

[Claim 3] The machine structural steel worker components with which a base material has chemical composition according to claim 1 or 2, and equips the carbide which spheroidized, and the periphery section with a hardening hardening layer.

[Claim 4] The manufacture approach of the machine structural steel worker components characterized by carrying out cold working, fabricating the steel materials which have the chemical composition according to claim 1 or 2 by which spheroidizing was carried out after hot working in a predetermined configuration, and carrying out induction hardening after that.

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a machine structural steel worker component and its manufacture approach at the steel list for cold working excellent in induction hardening nature. In more detail, the deformation resistance at the time of cold working is small, and is excellent in induction hardening nature, and it is related with the machine structural steel worker component which used as the base material the steel for cold working which moreover is not coarse-grain-ized with induction hardening and steel of a low cost die, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, after machine structural steel worker components, the constant-velocity joint which are the circumference components of a guide peg of an automobile especially cut the machine structural steel worker medium-carbon-steel steel materials (S45C, S48C, etc.) of JIS by which hot forging was carried out and they carried out fabrication to the predetermined configuration, induction hardening of it was carried out, and it was further manufactured by annealing if needed. However, since dimensional accuracy was inferior in the case of hot forging, it needed to heavy machine, in order to fabricate in a predetermined configuration, and the cost of cutting increased, and it was not able to avoid that the yield became low further. Then, dimensional accuracy is high, therefore cold forging which can reduce the amount of cutting has come to be adopted in recent years.

[0003] When performing the above-mentioned cold forging, in order to lower deformation resistance, spheroidizing is beforehand given to a work material. However, since the tool life of cold forging was short since deformation resistance was high even if it performed spheroidizing annealing when the above mentioned machine structural steel worker medium-carbon-steel steel materials of JIS were used, and deformability was low, also when a crack arose on the components by which cold forging was carried out, it was.

[0004] The technique of making formability in cold forging improving is proposed variously, securing induction hardening nature to such a problem.

[0005] In order to raise formability in cold forging in JP,1-38847,B and JP,2-47536,B, to them, the content of Si and Mn is held down low, and C, B, Ti, and the steel for cold forging that was made to contain Cr if needed and secured induction hardening nature further are indicated. However, the steel proposed in each above-mentioned official report contains Ti 0.02 to 0.04% of the weight so that clearly also from the publication in the example. Therefore, since it does not fully soften but deformation resistance becomes high even if Ti carbon nitride deposits and it carries out spheroidizing for the precipitation hardening, it is hard to say that formability in cold forging is not necessarily good.

[0006] The steel which combines formability in cold forging and induction hardening nature also in JP,5-59486,A, JP,9-268344,A, JP,9-272946,A, JP,9-287054,A, or JP,9-287055,A is indicated. However, in order that the steel proposed in each above-mentioned official report may also fix N and may secure Dissolution B, Ti is included as an essential element. For this reason, even if it carries out spheroidizing, it may not fully soften, but deformation resistance may become high, and it may be inferior to formability in cold forging.

[0007] "The machine structural carbon steel excellent in formability in cold forging and induction hardening nature" which does not contain Ti is indicated by JP,2-145744,A. However, if induction hardening of the steel proposed in this official report is carried out, big and rough-ization of crystal grain may arise, or since B is not included as an essential element, the desired induction hardening depth may not be obtained. Furthermore, since there are many contents of an alloy element compared with the steel which contains B which has equivalent hardenability in the case of the steel which does not contain B, the deformation resistance at the time of cold forging may become high, and formability in cold forging may be inferior. Furthermore, the scale generated by hot working or spheroidizing cannot fall easily due to the process of descaling, and it is hard coming to avoid that require for descaling for a long time, or the process becomes complicated.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention was made in view of the above-mentioned present condition, its deformation resistance at the time of cold working which makes cold forging the start is small, is excellent in induction hardening nature, and it aims at offering the machine structural steel worker component which used as the base material the steel for cold working which moreover is not coarse-grain-ized with induction hardening and steel of a low cost die, and its manufacture approach. Specifically the deformation resistance at the time of cold working is low 10% or more, moreover, the limitation which the crack as deformability generates sets to the JIS machine structural carbon steel of equivalent C content, and the rate of a lump is 75% or more. The hardening depth set to 400 with Vickers hardness (Hv) when induction hardening is carried out t, The average radius of the induction hardening section is set to r, and t/r is 0.3 or more and it aims at the hard spots after induction hardening, i.e., the austenite grain size of a hardening hardening layer mentioned later, being seven or more JIS grain-size numbers. In addition, the hard spot after induction hardening (hardening hardening layer) points out the thing of the part which becomes 400 or more by Hv.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The summary of this invention is in the manufacture approach of the machine structural steel worker components shown in the machine structural steel worker components shown in the steel list for cold working excellent in the induction hardening nature shown in following (1) and (2) (3), and (4).

[0010] By weight %, (1) C:0.40 - 0.60%, Si:0-0.40%, Mn: 0.10-0.60%, B:0.0005 - 0.005%, Nb:0.005-0.05%, aluminum:0.015-0.10% is included.

Further Pb:0-0.30%, Contain Bi:0-0.10% and Te:0-0.10%, and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity. 0.005% or less and O are the steel for cold working which P in an impurity was excellent 0.015% or less, and was [ S ] excellent in the induction hardening nature 0.10% or less and whose N of 0.15% or less and Mo 0.10% or less and Cr are [ Cu ] 0.005% or less for 0.10% or less and nickel 0.015% or less.

[0011] By weight %, (2) C:0.40 - 0.60%, Si:0-0.40%, Mn: 0.10-0.60%, B:0.0005 - 0.005%, Nb:0.005-0.03%, Contain aluminum:0.015-0.10% and the remainder consists of Fe and an unescapable impurity. 0.005% or less and O are the steel for cold working which P in an impurity was excellent 0.015% or less, and was [ S ] excellent in the induction hardening nature 0.10% or less and whose N of 0.15% or less and Mo 0.10% or less and Cr are [ Cu ] 0.005% or less for 0.10% or less and nickel 0.015% or less.

[0012] (3) The machine structural steel worker components with which a base material has chemical composition the above (1) or given in (2), and equips the carbide which spheroidized, and the periphery section with a hardening hardening layer.

[0013] (4) The manufacture approach of the machine structural steel worker components characterized by carrying out cold working of the steel materials which have the chemical composition of a publication in the above (1) by which spheroidizing was carried out after hot working, or (2), fabricating them in a predetermined configuration, and carrying out induction hardening after that.

[0014] In addition, the thing of the part set to 400 or more Hv(s) with hardening as it was already described as the hardening hardening layer as used in the field of above (3) is pointed out.

[0015] this invention persons performed investigation and examination about the chemical composition of the steel used as the base material of the machine structural steel worker components manufactured by carrying out plastic working by cold working, such as cold forging, after spheroidizing, and subsequently carrying out induction hardening. Consequently, the following knowledge was acquired.

[0016] \*\* Fully soften the steel which does not contain Ti including Nb, aluminum, and B of a proper amount while stopping Mn content low in the usual spheroidizing. Therefore, it compares with the JIS machine structural carbon steel of equivalent C content, the deformation resistance at the time of cold working is low, and, moreover, deformability is large enough.

[0017] \*\* Even if the steel which chose the proper content of Mn, Nb, aluminum, and B, and restricted the content of N as an impurity element does not contain Ti, it has good induction hardening nature. And crystal grain does not make it big and rough with the usual induction hardening, and a with a JIS grain-size numbers of seven or more austenite grain size is obtained.

[0018] \*\* The steel which chose the proper content of C, Mn, Nb, aluminum, and B, and restricted the content of N as an impurity element can be filled easily [ t/r described above with induction hardening / 0.3 or more ]. And crystal grain does not make it big and rough with the usual induction hardening, and a with a JIS grain-size numbers of seven or more austenite grain size is obtained.

[0019] \*\* In the steel which adds Ti in the viewpoint of N immobilization, into the steel, big and rough TiN is distributing and lower the rolling life of components.

[0020] This invention is completed based on the above-mentioned knowledge.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, each requirement for this invention is explained in detail. In addition, "% of the content" of a chemical entity means "% of the weight."

[0022] (A) C:0.40 - 0.60% of chemical composition C of base material steel is the element which affects induction hardening nature, and it is an element effective in securing the hardness and the depth of a hardening hardening layer, and giving a desired mechanical property to machine structural steel worker components. However, the content is deficient in the addition effectiveness at less than 0.40%. On the other hand, when it is made to contain exceeding 0.60%, cold-working nature may deteriorate, without fully softening, even if it carries out spheroidizing, or degradation of toughness and generating of a quench crack may be caused. Therefore, the content of C was made into 0.40 - 0.60%.

[0023] Si: It is not necessary to add Si 0 to 0.40%. If it adds, there is effectiveness which raises stabilization and reinforcement of deoxidation of steel. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Si, it is desirable to consider as 0.05% or more of content. Moreover, since the steel with which Si was added generates the fire light ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) which is a low-melt point point oxide during heating for hot working, descaling nature will become very good if it heats more than the melting point (1173 degrees C). Especially this effectiveness is large when the content of Si exceeds 0.15%. However, if the content exceeds 0.40%, the deformation resistance at the time of cold working will become large, and will cause the fall of cold-working nature. Therefore, the content of Si was made into 0 - 0.40%.

[0024] Mn: 0.10 - 0.60%Mn is an effective element in order to secure reinforcement, while fixing S in steel and raising hot-working nature, and it needs making it contain 0.10% or more. On the other hand, if the content of Mn exceeds 0.60%, deformation resistance will become large and will cause degradation of cold-working nature. Therefore, the content of Mn was made into 0.10 - 0.60%. In addition, as for Mn content, considering as 0.10 - 0.40% is desirable.

[0025] B:0.0005 - 0.005%B is an element effective in securing good induction hardening nature, without checking cold-working nature. However, the content is deficient in the addition effectiveness at less than 0.0005%. On the other hand, if it is made to contain exceeding 0.005%, about [ that the effectiveness is saturated ] and grain boundary embrittlement may be caused. Therefore, the content of B was made into 0.0005 - 0.005%.

[0026] Nb: 0.005-0.05%Nb is an element effective in securing good induction hardening nature, without checking cold-working nature greatly. Furthermore, it is effective also in big and rough-ized prevention of the crystal grain at the time of induction hardening. However, the effectiveness of a request of the content at less than 0.005% is not acquired. On the other hand, when it exceeds 0.05%, making deformation resistance increase may not be avoided, and big and rough non-dissolved carbon nitride may remain, and degradation of cold-working nature may be caused. Therefore, the content of Nb was made into 0.005 - 0.05%. In addition, considering as 0.03% is desirable, and if the upper limit of Nb content is made into 0.02%, it is much more desirable. Furthermore, the upper limit of desirable Nb content is 0.015%.

[0027] aluminum: aluminum has deacidification 0.015 to 0.10%. Furthermore, since a nitride is generated and N in steel is fixed, there is an operation which controls work hardening at the time of cold working. Moreover, it is effective also in securing the induction hardening disposition top effectiveness of B by immobilization in [ N ] steel. However, at less than 0.015%, the effectiveness of the above [ the content ] is not acquired certainly. On the other hand, if it is made to contain exceeding 0.10%, the deformability of steel will fall at the time of cold working. Therefore, the content of aluminum was made into 0.015 - 0.10%. In addition, because of reservation of the induction hardening disposition top effectiveness of B, considering as 0.03% or more is desirable, and if aluminum content is made to contain exceeding 0.05%, it is much more desirable.

[0028] Base material steel may contain the further following element.

[0029] Pb: It is not necessary to add 0-0.30%Pb. If it adds, it has the operation which improves the machinability after cold working. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Pb, it is desirable to consider as 0.10% or more of content. However, if the content exceeds 0.30%, the deformability at the time of cold working will deteriorate. Therefore, the content of Pb was made into 0 - 0.30%.

[0030] Bi: It is not necessary to add 0-0.10%Bi. If it adds, it has the operation which improves the machinability after cold working. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Bi, it is desirable to consider as 0.05% or more of content. However, if the content exceeds 0.10%, the deformability at the time of cold working will deteriorate. Therefore, the content of Bi was made into 0 - 0.10%.

[0031] Te: It is not necessary to also add Te 0 to 0.10%. If it adds, it has the operation which improves the machinability after cold working. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Te, it is desirable to consider as 0.05% or more of content. However, if the content exceeds 0.10%, the deformability at the time of cold working will deteriorate. Therefore, the content of Te was made into 0 - 0.10%.

[0032] In this invention, P, S, Cu, nickel, Cr, Mo, N, and O as an impurity element are restricted as follows.

[0033] P: 0.015% or less P will reduce the deformability at the time of cold working. If the content of P exceeds 0.015% especially, the fall of the deformability at the time of cold working will become remarkable. Therefore, the content of P as an impurity element was made into 0.015% or less.

[0034] S: 0.015% or less S will also reduce the deformability at the time of cold working. If the content of S exceeds 0.015% especially, the fall of the deformability at the time of cold working will become remarkable. Therefore, the content of S as an impurity element was made into 0.015% or less.

[0035] Cu: Less than [ 0.10% ] Cu will raise deformation resistance, and will degrade cold-working nature. If the content of Cu exceeds 0.10% especially, degradation of cold-working nature will become remarkable. Therefore, the content of Cu as an impurity element was made into 0.10% or less. In addition, as for Cu content, it is desirable to make it to 0.05% or less.

[0036] nickel: 0.10% or less nickel will raise deformation resistance, and will degrade cold-working nature. Furthermore, descaling after spheroidizing is made difficult. If the content of nickel exceeds 0.10% especially, the fall of cold-working nature and the fall of descaling nature will become remarkable. Therefore, nickel content as an impurity element was made into 0.10% or less. In addition, as for nickel content, it is desirable to make it to 0.05% or less.

[0037] Cr: Less than [ 0.15% ] Cr will also raise deformation resistance, and will degrade cold-working nature. Furthermore, descaling after spheroidizing is made difficult. If the content of Cr exceeds 0.15% especially, the fall of cold-working nature and the fall of descaling nature will become remarkable. Therefore, Cr content as an impurity element was made into 0.15% or less. In addition, as for Cr content, it is desirable to make it to 0.10% or less.

[0038] Mo: 0.10% or less Mo will raise deformation resistance, and will degrade cold-working nature. Furthermore, descaling after spheroidizing is made difficult. If the content of Mo exceeds 0.10% especially, the fall of cold-working nature and the fall of descaling nature will become remarkable. Therefore, Mo content as an impurity element was made into 0.10% or less. In addition, as for Mo content, it is desirable to make it to 0.05% or less.

[0039] N: 0.005% or less N will raise deformation resistance, and will degrade cold-working nature. Since it is easily connected with B and BN is formed, it becomes impossible furthermore, to secure the induction hardening disposition top effectiveness of B. If the content of N exceeds 0.005% especially, while the fall of cold-working nature becomes remarkable, the induction hardening disposition top effectiveness of B will become difficult to get. Therefore, N content as an impurity element was made into 0.005% or less. In addition, it is desirable to make it to 0.004% or less, and if N content is made into 0.003% or less, it is much more desirable.

[0040] O: 0.005% or less O will form an oxide, and will reduce the deformability at the time of cold working. If the content of O exceeds 0.005% especially, the fall of the deformability at the time of cold working will become remarkable. Therefore, the content of O as an impurity element was made into 0.005% or less.

[0041] (B) Spheroidizing is given to it in order to lower the deformation resistance at the time of cold working, after the steel which has the chemical composition of a publication in the spheroidizing above (A) is processed between heat. What is necessary is not to specify especially this spheroidizing and just to perform it by the usual approach.

[0042] (C) Cold working, such as cold forging, is performed and the steel materials which have the chemical composition of a publication in the above (A) by which spheroidizing was carried out after cold-working hot working are fabricated by the machine structural steel worker components of a predetermined configuration. What is necessary is not to specify especially the approach of this cold working and just to perform it by the usual approach.

[0043] In addition, in order to stabilize the hard spot after the induction hardening of the machine structural steel worker components fabricated by the configuration predetermined by cold working and to enable it to secure a with a JIS grain size numbers of seven or more austenite grain size, cold working is good to carry out so that the amount of processings in the part which the biggest processing joins in process components may become 2.5 or less by the equivalent strain express with the following (a) type, and if it is perform so that it may become 2.0 or less by the equivalent strain, it is much more desirable.

[0044] 
$$\text{epsilon} = \{(\text{epsilon}_{12} + \text{epsilon}_{22} + \text{epsilon}_{32}) \times 2 / 3\}$$
 One half .... (a)

epsilon 1 [ in / here / the (a) type ], epsilon 2, and epsilon 3 It is the logarithmic strain of a principal direction.

[0045] (D) Induction hardening is carried out, or annealing is given after induction hardening if needed, and the machine structural steel worker components which have a desired mechanical property are made to the steel materials which have the chemical composition of a publication in the induction hardening above (A), spheroidizing was carried out after hot working, and cold working was carried out after that, and were fabricated by the predetermined configuration. What is necessary is not to specify especially the approach of this induction hardening and just to perform it by the usual approach.

[0046] In addition, although the steel materials which carried out induction hardening after cold working twist, t/r twists reinforcement less than by 0.3 depending on the hardening depth which becomes 400 or more by Hv as the induction hardening depth and reinforcement is small, as for the steel concerning this invention which has the chemical composition of a publication in the above (A), the usual induction hardening can attain 0.3 or more t/r easily. It will twist, if t/r exceeds 0.6, and the improvement in reinforcement is saturated, or falls on the contrary conversely, and further becomes easy to produce a quench crack. Therefore, that what is necessary is just to carry out so that the value of t/r may be set to 0.3-0.6, induction hardening conducts the preliminary experiment which changed a steel type and induction hardening conditions, and, for that, it should just carry out induction hardening based on that result.

[0047] Moreover, the steel concerning this invention which has the chemical composition of a publication in the above (A) is adjusted so that crystal grain may not make it big and rough with the usual induction hardening and a with a JIS grain-size numbers of seven or more austenite grain size may be obtained. For this reason, the variation in the heat treatment distortion by coarsening or hardness, a fall on the strength, etc. are not produced.

[0048] Hereafter, an example explains this invention.

[0049]

[Example] The steel which has the chemical composition shown in Table 1 and Table 2 was ingoted using test kiln by the usual approach. Steel a-t in the example of this invention and Table 2 where steel A-V in Table 1 has chemical composition within limits specified by this invention is the example of a comparison from which either of the components separated from the range of the content specified by this invention. Steel r, Steel s, and Steel t are steel which is equivalent to S40C, S50C, and S58C of JIS, respectively among the steel of the example of a comparison.

[0050]

[Table 1]

区分	鋼種	化学組成 (重量%)											残部: Feおよび不純物			
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	B	Nb	Al	N	O	その他
本発明の例	A	0.45	0.14	0.18	0.012	0.011	0.01	0.02	0.12	0.01	0.0020	0.038	0.087	0.0041	0.0028	-
	B	0.42	0.18	0.25	0.010	0.009	0.02	0.03	0.07	0.01	0.0021	0.034	0.071	0.0035	0.0017	Pb:0.25
	C	0.55	0.08	0.33	0.014	0.012	0.01	0.01	0.15	0.03	0.0015	0.028	0.027	0.0047	0.0014	-
	D	0.41	0.08	0.58	0.011	0.011	0.01	0.05	0.12	0.02	0.0015	0.019	0.071	0.0036	0.0021	-
	E	0.40	0.12	0.31	0.012	0.011	0.01	0.03	0.07	0.01	0.0015	0.041	0.059	0.0035	0.0018	-
	F	0.58	0.08	0.22	0.010	0.014	0.05	0.02	0.12	0.01	0.0021	0.019	0.059	0.0034	0.0015	Pb:0.16, Bi:0.07
	G	0.37	0.35	0.15	0.009	0.010	0.01	0.02	0.08	0.01	0.0015	0.033	0.067	0.0031	0.0022	-
	H	0.42	0.05	0.33	0.012	0.012	0.01	0.01	0.14	0.02	0.0015	0.028	0.045	0.0048	0.0017	-
	I	0.51	0.04	0.48	0.012	0.012	0.01	0.04	0.12	0.02	0.0015	0.025	0.077	0.0038	0.0013	Bi:0.06, Te:0.03
	J	0.44	0.35	0.35	0.011	0.013	0.01	0.04	0.07	0.02	0.0013	0.039	0.061	0.0041	0.0015	-
	K	0.53	0.12	0.25	0.012	0.012	0.01	0.02	0.08	0.01	0.0017	0.027	0.045	0.0042	0.0012	-
	L	0.57	0.09	0.18	0.010	0.010	0.01	0.02	0.14	0.01	0.0015	0.034	0.030	0.0045	0.0026	-
	M	0.47	0.09	0.25	0.014	0.014	0.01	0.06	0.07	0.02	0.0015	0.028	0.022	0.0029	0.0019	Bi:0.08
	N	0.56	0.07	0.13	0.011	0.011	0.01	0.09	0.11	0.04	0.0015	0.042	0.065	0.0031	0.0015	-
	O	0.45	0.35	0.12	0.009	0.011	0.01	0.02	0.07	0.01	0.0015	0.032	0.051	0.0035	0.0020	-
	P	0.41	0.06	0.22	0.012	0.012	0.01	0.02	0.08	0.02	0.0018	0.042	0.062	0.0042	0.0018	-
	Q	0.54	0.08	0.35	0.011	0.013	0.01	0.03	0.06	0.02	0.0015	0.045	0.071	0.0040	0.0012	Te:0.04
	R	0.45	0.12	0.35	0.011	0.011	0.01	0.03	0.07	0.01	0.0019	0.035	0.065	0.0025	0.0011	-
	S	0.49	0.15	0.28	0.013	0.010	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0017	0.033	0.049	0.0029	0.0014	Pb:0.15, Te:0.07
	T	0.48	0.09	0.15	0.010	0.011	0.01	0.02	0.09	0.01	0.0017	0.038	0.033	0.0031	0.0022	-
	U	0.58	0.05	0.28	0.012	0.014	0.01	0.01	0.07	0.02	0.0019	0.040	0.028	0.0038	0.0019	Pb:0.08, Bi:0.06, Te:0.07
	V	0.55	0.07	0.22	0.010	0.014	0.01	0.04	0.10	0.01	0.0020	0.042	0.082	0.0042	0.0018	-

[0051]

[Table 2]

区分	鋼種	化学組成 (重量%)											残部: Feおよび不純物			
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	B	Nb	Al	N	O	その他
比較例	a	*0.69	0.34	0.28	0.012	0.012	0.01	0.01	0.08	0.01	0.0012	0.041	0.058	0.0033	0.0017	-
	b	0.44	*0.55	0.52	0.012	0.012	0.01	0.05	0.11	0.02	0.0014	0.032	0.072	0.0028	0.0013	-
	c	0.47	0.12	*0.88	0.011	0.014	0.01	0.05	0.13	0.03	0.0017	0.038	0.044	0.0037	0.0021	-
	d	0.50	0.09	0.41	*0.021	0.010	0.01	0.02	0.13	0.01	0.0018	0.024	0.078	0.0039	0.0042	-
	e	0.47	0.11	0.19	0.012	*0.081	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0011	0.021	0.085	0.0028	0.0017	-
	f	0.52	0.09	0.24	0.012	0.012	*0.15	0.10	0.06	0.01	0.0022	0.036	0.085	0.0047	0.0013	-
	g	0.55	0.08	0.47	0.011	0.013	0.01	*0.17	0.07	0.02	0.0020	0.015	0.057	0.0038	0.0015	-
	h	0.48	0.24	0.53	0.012	0.012	0.01	0.02	*0.28	0.01	0.0019	0.012	0.088	0.0048	0.0012	-
	i	0.44	0.28	0.54	0.010	0.010	0.01	0.02	0.10	*0.15	0.0014	0.031	0.081	0.0039	0.0036	-
	j	0.46	0.13	0.42	0.014	0.013	0.01	0.06	0.18	0.02	*	0.023	0.045	0.0041	0.0019	-
	k	0.56	0.18	0.17	0.011	0.013	0.01	0.04	0.12	0.01	0.0021	*0.003	0.022	0.0030	0.0015	-
	l	0.58	0.16	0.50	0.010	0.010	0.01	0.02	0.12	0.02	0.0015	0.023	*0.001	0.0049	0.0012	-
	m	0.42	0.09	0.52	0.014	0.014	0.01	0.06	0.17	0.02	0.0021	0.019	0.086	*0.0090	0.0036	-
	n	0.50	0.37	0.14	0.014	0.014	0.01	0.06	0.14	0.01	0.0019	0.038	0.045	0.0037	*0.0092	-
	o	0.49	0.09	0.39	0.012	0.013	0.01	0.02	0.09	0.01	0.0015	0.039	0.074	0.0039	0.0035	*Bi:0.25
	p	0.42	0.16	0.35	0.010	0.010	0.01	0.02	0.08	0.02	0.0017	0.034	0.085	0.0048	0.0046	*Pb:0.45
	q	0.41	0.15	0.42	0.012	0.012	0.01	0.02	0.07	0.01	0.0017	0.028	0.049	0.0049	0.0043	*Te:0.18
	r	0.40	0.31	*0.76	*0.022	*0.018	0.01	0.02	0.08	0.01	*	*	0.052	*0.0053	*0.0063	-
	s	0.50	0.28	*0.80	*0.020	*0.020	0.01	0.02	0.07	0.01	*	*	0.058	*0.0083	*0.0058	-
	t	0.58	0.35	*0.74	*0.017	*0.016	0.01	0.02	0.12	0.01	*	*	0.069	*0.0061	0.0042	-

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

[0052] Subsequently, after making such steel into slab by the usual approach and heating at 1200 degrees C, hot forging was carried out at the temperature of 1200-950 degrees C, and it considered as the round bar with a diameter of 30mm. Then, according to C content, spheroidizing was performed by the usual approach.

[0053] From the round bar whose diameter obtained as mentioned above is 30mm, the diameter produced the test piece for cold

working whose die length is 22.5mm by 15mm, and performed the constraint type \*\*\*\* lump trial between the colds (room temperature) by the usual approach by 500t high-speed press machine, the limitation which a crack generates set, and the rate of a lump was measured. In addition, it set, and to 75%, for every monograph affair, it set, the lump trial was performed and the rate of a lump evaluated 5 times of the minimum working ratio (setting rate of a lump) which a crack generates or more in three of five test pieces as a rate of a marginal \*\*\*\* lump. What sets and does not produce a three or more piece crack at 75% of rates of a lump ended the trial there.

[0054] furthermore, 60% which is below the rate of a marginal \*\*\*\* lump of all steel types — it set and the deformation resistance in the case of the rate of a lump (the equivalent strain in the test piece core where the biggest processing is added is 1.5) was measured. In addition, as shown in drawing 1, deformation resistance was arranged with the content of C, the straight line for which it asked from the deformation resistance of the steel r equivalent to S40C, S50C, and S58C of JIS, Steel s, and Steel t was made into the deformation resistance of JIS steel for machine structural use, and it compared with the deformation resistance of the steel of the example of this invention of steel A-V, and the steel of the example of a comparison of steel a-q.

[0055] Moreover, from the round bar with an above-mentioned diameter of 30mm, the diameter cut down the test piece whose die length is 40mm by 28mm, and the diameter performed between the colds front extruding (60% (it is 1.3 at the equivalent strain of the test piece side surface section which is the part which the biggest processing joins, i.e., the test piece outermost layer) of reduction of area) to 17.7mm by the usual approach. After extracting the test piece with a die length of 50mm from what carried out extruding to this diameter of 17.7mm between the colds and performing induction hardening to this on the frequency of 20kHz, hardening depth (that is, depth of hardening hardening layer) t set to 400 by surface hardness and Hv by the usual approach was measured. Subsequently, annealing for 30 minutes was performed at 150 degrees C using the electric furnace, and the hard spot after induction hardening, i.e., the austenite grain size of a hardening hardening layer, was measured by the usual approach.

[0056] The above-mentioned test result is collectively shown in Tables 3 and 4. In addition, r in this example is the radius of a test piece with a diameter of 17.7mm, i.e., 8.85mm.

[0057]

[Table 3]

表 3

区 分	鋼	据 込 み 試 験			高 周 波 焼 入 れ 性			
		変形抵抗 (MPa)	同等C量のJIS 規格鋼の変形 抵抗との比	割れ限界 据込み率 (%)	表面 硬度 (Hv)	硬化深 さ t (mm)	t/r	オーステ ナイト粒 度番号
本 発 明 例	A	686	0.84	≥75	686	3.7	0.42	8.2
	B	689	0.85	≥75	639	3.8	0.43	9.0
	C	731	0.89	≥75	744	2.9	0.33	8.2
	D	712	0.88	≥75	630	3.7	0.42	8.8
	E	689	0.83	≥75	621	3.3	0.37	9.0
	F	697	0.84	≥75	764	3.5	0.39	8.7
	G	703	0.88	≥75	593	3.6	0.41	8.9
	H	700	0.87	≥75	639	3.2	0.37	8.5
	I	676	0.82	≥75	715	3.4	0.39	8.0
	J	724	0.89	≥75	657	3.3	0.38	9.9
	K	689	0.84	≥75	730	3.0	0.34	9.7
	L	714	0.86	≥75	758	2.7	0.31	8.6
	M	704	0.86	≥75	683	2.8	0.31	8.8
	N	655	0.79	≥75	751	3.0	0.34	8.6
	O	718	0.88	≥75	666	3.2	0.36	8.9
	P	674	0.83	≥75	630	3.4	0.38	9.5
	Q	702	0.85	≥75	737	3.0	0.34	9.0
	R	692	0.85	≥75	666	3.6	0.41	9.2
	S	701	0.86	≥75	699	3.1	0.35	9.4
	T	688	0.84	≥75	691	3.0	0.33	8.2
	U	715	0.86	≥75	764	2.8	0.32	9.5
	V	682	0.83	≥75	744	3.5	0.40	9.2

[0058]

[Table 4]

表 4

区分	据込み試験				高周波焼入れ性			
	鋼	変形抵抗	同等C量のJIS規格鋼の変形抵抗との比	割れ限界据込み率 (%)	表面硬度 (Hv)	硬化深さ t (mm)	t/r	オーステナイト粒度番号
		(MPa)						
例	*a	762	** 0.90	** 67	821	2.6	**0.29	8.2
	*b	789	** 0.97	** 64	657	4.0	0.45	9.1
	*c	778	** 0.96	** 69	683	3.7	0.42	7.9
	*d	704	0.86	** 60	707	3.6	0.41	8.9
	*e	664	0.82	** 61	683	2.8	0.32	8.3
	*f	682	0.83	** 67	722	3.5	0.40	8.0
	*g	754	** 0.91	≥75	744	3.3	0.38	8.8
	*h	751	** 0.92	≥75	691	4.6	0.52	8.0
	*i	786	** 0.97	** 69	657	3.7	0.42	7.7
	*j	731	** 0.90	≥75	674	2.2	**0.25	7.1
	*k	724	0.88	** 68	751	2.3	**0.26	**5.9
	*l	782	** 0.94	** 70	764	2.4	**0.27	**8.6
	*m	739	** 0.91	** 69	639	4.1	0.46	7.6
	*n	739	** 0.90	** 64	707	3.6	0.40	7.6
	*o	702	0.86	** 63	699	3.2	0.36	7.9
	*p	708	0.88	** 65	639	3.1	0.35	7.8
	*q	719	0.89	** 67	630	3.3	0.37	8.3
	*r	801	1.00	≥75	621	2.4	**0.27	**5.4
	*s	815	1.00	** 74	707	2.5	**0.28	**5.3
	*t	821	1.00	** 72	764	2.7	0.30	**5.1
*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。								
**印は目標に未達であることを示す。								

[0059] What uses as base material steel steel A-V of the example of this invention which has chemical composition within limits specified by this invention from Tables 3 and 4 is set to the JIS machine structural carbon steel of equivalent C content, the deformation resistance at the time of a lump is low 10% or more, the limitation which the crack as deformability generates sets, and the rate of a lump is 75% or more. And t/r when carrying out induction hardening is 0.3 or more, and the hard spot after induction hardening, i.e., the austenite grain size of a hardening hardening layer, is [ t/r ] satisfied with seven or more JIS grain-size numbers of the target engine performance.

[0060] on the other hand — the case where steel of the example of a comparison is used as a base material — (\*\*) — (\*\*) which the fall cost of deformation resistance is not filled to 10% to the JIS machine structural carbon steel of C content of an EQC — the hard spot after (d) induction hardening whose t/r when carrying out induction hardening (Ha) which a limitation sets and the rate of a lump is not filled to 75% is less than 0.3, i.e., the austenite grain size of a hardening hardening layer, corresponds to any one or more \*\* which are less than seven JIS grain-size numbers. For this reason, cold-working nature and induction hardening nature are incompatible.

[0061]

[Effect of the Invention] Since it excels in the cold-working nature and induction hardening nature after spheroidizing and moreover does not coarse-grain-ize with induction hardening, this invention steel can be used as base materials, such as machine structural steel worker components and a constant-velocity joint which are the circumference components of a guide peg of an automobile especially. This machine structural steel worker component can be manufactured comparatively easily by the approach of this invention.

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the relation between deformation resistance and the content of C.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-269601

(43) 公開日 平成11年(1999)10月5日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

C 2 2 C 38/00  
38/12

識別記号

3 0 1

F I

C 2 2 C 38/00  
38/12

3 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-5985

(22) 出願日 平成11年(1999)1月13日

(31) 優先権主張番号 特願平10-7123

(32) 優先日 平10(1998)1月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号

(72) 発明者 副谷 法仁

福岡県北九州市小倉北区許斐町 1 番地住友

金属工業株式会社小倉製鉄所内

(72) 発明者 小倉 真義

福岡県北九州市小倉北区許斐町 1 番地住友

金属工業株式会社小倉製鉄所内

(74) 代理人 弁理士 森 道雄 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼並びに機械構造用部品及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 冷間加工性と高周波焼入れ性に優れ、高周波焼入れで粗粒化しない鋼と、それを母材鋼とする機械構造用部品及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 ① C: 0.40~0.60%、Si: 0~0.40%、Mn: 0.10~0.60%、B: 0.0005~0.005%、Nb: 0.005~0.05%、Al: 0.015~0.10%を含み、更に、Pb: 0~0.30%、Bi: 0~0.10%、Te: 0~0.10%を含有し、残部は Fe と不純物からなり、不純物中の P ≤ 0.015%、S ≤ 0.015%、Cu ≤ 0.10%、Ni ≤ 0.10%、Cr ≤ 0.15%、Mo ≤ 0.10%、N ≤ 0.005%、O ≤ 0.005% である高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼。② 母材鋼が①に記載の化学組成を有し、球状化された炭化物と外周部に焼入れ硬化層を備える機械構造用部品とその製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C:0.40~0.60%、Si:0~0.40%、Mn:0.10~0.60%、B:0.0005~0.005%、Nb:0.005~0.05%、Al:0.015~0.10%を含み、更に、Pb:0~0.30%、Bi:0~0.10%、Te:0~0.10%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、不純物中のPは0.015%以下、Sは0.015%以下、Cuは0.10%以下、Niは0.10%以下、Crは0.15%以下、Moは0.10%以下、Nは0.005%以下、Oは0.005%以下である高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼。

【請求項2】重量%で、C:0.40~0.60%、Si:0~0.40%、Mn:0.10~0.60%、B:0.0005~0.005%、Nb:0.005~0.03%、Al:0.015~0.10%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、不純物中のPは0.015%以下、Sは0.015%以下、Cuは0.10%以下、Niは0.10%以下、Crは0.15%以下、Moは0.10%以下、Nは0.005%以下、Oは0.005%以下である高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼。

【請求項3】母材が請求項1又は2に記載の化学組成を有し、球状化された炭化物と外周部に焼入れ硬化層を備える機械構造用部品。

【請求項4】熱間加工後に球状化焼鈍された請求項1又は2に記載の化学組成を有する鋼材を、冷間加工して所定の形状に成形し、その後高周波焼入れすることを特徴とする機械構造用部品の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼並びに機械構造用部品及びその製造方法に関する。より詳しくは、冷間加工時における変形抵抗が小さく、高周波焼入れ性に優れ、しかも高周波焼入れで粗粒化することのない低コスト型の冷間加工用鋼と、その鋼を母材とした機械構造用部品及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、機械構造用部品、なかでも自動車の足廻り部品である等速ジョイントなどは、熱間鍛造されたJISの機械構造用中炭素鋼鋼材(S45CやS48Cなど)を切削して所定の形状に成形加工した後に高周波焼入れし、更に、必要に応じて焼戻しを行うことによって製造されていた。しかし、熱間鍛造の場合は寸法精度が劣るので、所定の形状に成形するためには重切削が必要があり、切削加工のコストが高み、更に歩留りが低くなることを避けられなかった。そこで近年、寸法精度が高く、したがって、切削量を低減することが可能な冷間鍛造が採用されるようになってきた。

【0003】上記の冷間鍛造を行う場合には、変形抵抗を下げるために被加工材に予め球状化焼鈍が施される。しかし、前記したJISの機械構造用中炭素鋼鋼材を用いた場合、球状化焼鈍処理を行っても変形抵抗が高いため冷間鍛造の工具寿命が短く、又、変形能が低いので冷間鍛造された部品に割れが生ずる場合もあった。

【0004】このような問題に対し、高周波焼入れ性を確保しつつ、冷間鍛造性を改善させる技術が種々提案されている。

【0005】特公平1-38847号公報及び特公平2-47536号公報には、冷間鍛造性を向上させるためにSiとMnの含有量を低く抑え、C、B、Ti、更に、必要に応じてCrを含有させて高周波焼入れ性を確保した冷間鍛造用鋼が開示されている。しかし、上記の各公報で提案された鋼は、その実施例における記載からも明らかなように、Tiを0.02~0.04重量%含むものである。したがって、Ti炭素化合物が析出してその析出硬化のために球状化焼鈍しても充分には軟化せず変形抵抗が高くなるので冷間鍛造性は必ずしも良いとは言えない。

【0006】特開平5-59486号公報、特開平9-268344号公報、特開平9-272946号公報、特開平9-287054号公報や特開平9-287055号公報にも、冷間鍛造性と高周波焼入れ性とを兼備する鋼が開示されている。しかし、上記の各公報で提案された鋼もNを固定して固溶Bを確保するためにTiを必須元素として含んでいる。このため、球状化焼鈍しても充分には軟化せず変形抵抗が高くなって冷間鍛造性に劣る場合がある。

【0007】特開平2-145744号公報には、Tiを含まない「冷間鍛造性及び高周波焼入れ性に優れた機械構造用炭素鋼」が開示されている。しかし、この公報で提案された鋼を高周波焼入れすると結晶粒の粗大化が生じたり、Bを必須元素として含まないので所望の高周波焼入れ深さが得られなかったりする場合がある。更に、Bを含まない鋼の場合には同等の焼入れ性を有するBを含む鋼と比べて合金元素の含有量が多いため、冷間鍛造時の変形抵抗が高くなって冷間鍛造性が劣ることがある。更に、熱間加工や球状化焼鈍で生成したスケールが脱スケールの工程で落ちにくく、脱スケールに長時間要したりその工程が複雑になったりすることを避け難くなる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記現状に鑑みなされたもので、冷間鍛造を初めとする冷間加工時における変形抵抗が小さく、高周波焼入れ性に優れ、しかも高周波焼入れで粗粒化することのない低コスト型の冷間加工用鋼と、その鋼を母材とした機械構造用部品及びその製造方法を提供することを目的とする。具体的には、同等のC含有量のJIS機械構造用炭素鋼に対し

て、冷間加工時における変形抵抗が10%以上低く、しかも、変形能としての割れが発生する限界の据え込み率が75%以上で、高周波焼入れした時にビッカース硬度(Hv)で400となる硬化深さを $t$ 、高周波焼入れ部の平均半径を $r$ として $t/r$ が0.3以上であり、高周波焼入れ後の硬化部、つまり、後述する焼入れ硬化層のオーステナイト結晶粒度がJIS粒度番号7以上であることを目標とする。なお、高周波焼入れ後の硬化部(焼入れ硬化層)とはHvで400以上となる部分のことを指す。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、下記(1)、(2)に示す高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼並びに(3)に示す機械構造用部品及び(4)に示す機械構造用部品の製造方法にある。

【0010】(1)重量%で、C:0.40~0.60%、Si:0~0.40%、Mn:0.10~0.60%、B:0.0005~0.005%、Nb:0.005~0.05%、Al:0.015~0.10%を含み、更に、Pb:0~0.30%、Bi:0~0.10%、Te:0~0.10%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、不純物中のPは0.015%以下、Sは0.015%以下、Cuは0.10%以下、Niは0.10%以下、Crは0.15%以下、Moは0.10%以下、Nは0.005%以下、Oは0.005%以下である高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼。

【0011】(2)重量%で、C:0.40~0.60%、Si:0~0.40%、Mn:0.10~0.60%、B:0.0005~0.005%、Nb:0.005~0.03%、Al:0.015~0.10%を含有し、残部はFe及び不可避不純物からなり、不純物中のPは0.015%以下、Sは0.015%以下、Cuは0.10%以下、Niは0.10%以下、Crは0.15%以下、Moは0.10%以下、Nは0.005%以下、Oは0.005%以下である高周波焼入れ性に優れた冷間加工用鋼。

【0012】(3)母材が上記(1)又は(2)に記載の化学組成を有し、球状化された炭化物と外周部に焼入れ硬化層を備える機械構造用部品。

【0013】(4)熱間加工後に球状化焼鈍された上記(1)又は(2)に記載の化学組成を有する鋼材を、冷間加工して所定の形状に成形し、その後高周波焼入れすることを特徴とする機械構造用部品の製造方法。

【0014】なお、上記(3)でいう焼入れ硬化層とは、既に述べたように焼入れてHv400以上となった部分のことを指す。

【0015】本発明者らは、球状化焼鈍後に冷間鍛造などの冷間加工によって塑性加工し、次いで高周波焼入れして製造される機械構造用部品の母材となる鋼の化学組成について調査・検討を行った。その結果、下記の知見

を得た。

【0016】①Mn含有量を低く抑えけるとともに適正量のNb、Al及びBを含んでTiを含有しない鋼は、通常の球状化焼鈍で十分に軟化する。したがって、同等のC含有量のJIS機械構造用炭素鋼に比べて冷間加工時における変形抵抗は低く、しかも、変形能は充分大きい。

【0017】②Mn、Nb、Al及びBの適正な含有量を選択し、不純物元素としてのNの含有量を制限した鋼は、Tiを含まなくとも良好な高周波焼入れ性を有する。しかも、通常の高周波焼入れで結晶粒が粗大化することではなく、JIS粒度番号7以上のオーステナイト結晶粒度が得られる。

【0018】③C、Mn、Nb、Al及びBの適正な含有量を選択し、不純物元素としてのNの含有量を制限した鋼は、高周波焼入れで前記した $t/r$ が0.3以上を容易に満たすことができる。しかも、通常の高周波焼入れで結晶粒が粗大化することではなく、JIS粒度番号7以上のオーステナイト結晶粒度が得られる。

【0019】④N固定の観点でTiを添加する鋼では、その鋼中に粗大なTiNが分散しており、部品の転動寿命を下げる。

【0020】本発明は、上記の知見に基づいて完成されたものである。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各要件について詳しく説明する。なお、化学成分の含有量の「%」は「重量%」を意味する。

【0022】(A)母材鋼の化学組成

C:0.40~0.60%

Cは、高周波焼入れ性に影響を及ぼす元素で、焼入れ硬化層の硬さ及び深さを確保して機械構造用部品に所望の機械的性質を付与するのに有効な元素である。しかし、その含有量が0.40%未満では添加効果に乏しい。一方、0.60%を超えて含有させると、球状化焼鈍しても十分に軟化せずに冷間加工性が劣化したり、靱性の劣化や焼割れの発生を招くことがある。したがって、Cの含有量を0.40~0.60%とした。

【0023】Si:0~0.40%

Siは添加しなくても良い。添加すれば、鋼の脱酸の安定化及び強度を高める効果がある。この効果を確実に得るには、Siは0.05%以上の含有量とすることが好ましい。又、Siが添加された鋼は、熱間加工のための加熱中に低融点酸化物であるファイアライト( $Fe_2SiO_4$ )を生成するので、その融点(1173℃)以上に加熱すれば、脱スケール性が極めて良好になる。この効果は、特に、Siの含有量が0.15%を超えた場合に大きい。しかし、その含有量が、0.40%を超えると冷間加工時の変形抵抗が大きくなって冷間加工性の低下を招く。したがって、Siの含有量を0~0.40%

とした。

【0024】Mn：0.10～0.60%

Mnは、鋼中のSを固定して熱間加工性を高めるとともに強度を確保するために有効な元素で、0.10%以上含有させることが必要である。一方、Mnの含有量が0.60%を超えると、変形抵抗が大きくなって冷間加工性の劣化をきたす。したがって、Mnの含有量を0.10～0.60%とした。なお、Mn含有量は0.10～0.40%とすることが好ましい。

【0025】B：0.0005～0.005%

Bは、冷間加工性を阻害することなく良好な高周波焼入れ性を確保するのに有効な元素である。しかし、その含有量が0.0005%未満では添加効果に乏しい。一方、0.005%を超えて含有させるとその効果が飽和するばかりか、粒界脆化を招く場合がある。したがって、Bの含有量を0.0005～0.005%とした。

【0026】Nb：0.005～0.05%

Nbは、冷間加工性を大きく阻害することなく良好な高周波焼入れ性を確保するのに有効な元素である。更に、高周波焼入れ時の結晶粒の粗大化防止にも有効である。しかし、その含有量が0.005%未満では所望の効果が得られない。一方、0.05%を超えると、変形抵抗を増加させることが避けられず、又、粗大な未固溶炭窒化物が残留して冷間加工性の劣化を招くことがある。したがって、Nbの含有量を0.005～0.05%とした。なお、Nb含有量の上限は0.03%とすることが好ましく、0.02%とすれば一層好ましい。更に好ましいNb含有量の上限は0.015%である。

【0027】Al：0.015～0.10%

Alは、脱酸作用を有する。更に、窒化物を生成して鋼中のNを固定するので、冷間加工時の加工硬化を抑制する作用がある。又、鋼中Nの固定によってBの高周波焼入れ性向上効果を確保するのに有効である。しかし、その含有量が0.015%未満では上記の効果が確実に得られない。一方、0.10%を超えて含有させると、冷間加工時に鋼の変形能が低下する。したがって、Alの含有量を0.015～0.10%とした。なお、Bの高周波焼入れ性向上効果の確保のために、Al含有量は0.03%以上とすることが好ましく、0.05%を超えて含有させれば一層好ましい。

【0028】母材鋼は、更に下記の元素を含有しても良い。

【0029】Pb：0～0.30%

Pbは添加しなくても良い。添加すれば、冷間加工後の被削性を改善する作用を有する。この効果を確実に得るには、Pbは0.10%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.30%を超えると冷間加工時の変形能が劣化してしまう。したがって、Pbの含有量を0～0.30%とした。

【0030】Bi：0～0.10%

Biは添加しなくても良い。添加すれば、冷間加工後の被削性を改善する作用を有する。この効果を確実に得るには、Biは0.05%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると冷間加工時の変形能が劣化してしまう。したがって、Biの含有量を0～0.10%とした。

【0031】Te：0～0.10%

Teも添加しなくても良い。添加すれば、冷間加工後の被削性を改善する作用を有する。この効果を確実に得るには、Teは0.05%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると冷間加工時の変形能が劣化してしまう。したがって、Teの含有量を0～0.10%とした。

【0032】本発明においては、不純物元素としてのP、S、Cu、Ni、Cr、Mo、N及びOを下記のとおり制限する。

【0033】P：0.015%以下

Pは、冷間加工時の変形能を低下させてしまう。特に、Pの含有量が0.015%を超えると、冷間加工時の変形能の低下が著しくなる。したがって、不純物元素としてのPの含有量を0.015%以下とした。

【0034】S：0.015%以下

Sも冷間加工時の変形能を低下させてしまう。特に、Sの含有量が0.015%を超えると、冷間加工時の変形能の低下が著しくなる。したがって、不純物元素としてのSの含有量を0.015%以下とした。

【0035】Cu：0.10%以下

Cuは変形抵抗を高めて冷間加工性を劣化させてしまう。特に、Cuの含有量が0.10%を超えると、冷間加工性の劣化が著しくなる。したがって、不純物元素としてのCuの含有量を0.10%以下とした。なお、Cu含有量は0.05%以下にすることが好ましい。

【0036】Ni：0.10%以下

Niは変形抵抗を高めて冷間加工性を劣化させてしまう。更に、球状化焼鈍後のスケール除去を困難にする。特に、Niの含有量が0.10%を超えると、冷間加工性の低下とスケール除去性の低下が著しくなる。したがって、不純物元素としてのNi含有量を0.10%以下とした。なお、Ni含有量は0.05%以下にすることが好ましい。

【0037】Cr：0.15%以下

Crも変形抵抗を高めて冷間加工性を劣化させてしまう。更に、球状化焼鈍後のスケール除去を困難にする。特に、Crの含有量が0.15%を超えると、冷間加工性の低下とスケール除去性の低下が著しくなる。したがって、不純物元素としてのCr含有量を0.15%以下とした。なお、Cr含有量は0.10%以下にすることが好ましい。

【0038】Mo：0.10%以下

Moは変形抵抗を高めて冷間加工性を劣化させてしま

う。更に、球状化焼鈍後のスケール除去を困難にする。特に、Moの含有量が0.10%を超えると、冷間加工性の低下とスケール除去性の低下が著しくなる。したがって、不純物元素としてのMo含有量を0.10%以下とした。なお、Mo含有量は0.05%以下にすることが好ましい。

【0039】N:0.005%以下

Nは、変形抵抗を高めて冷間加工性を劣化させてしまう。更に、容易にBと結びついてBNを形成するので、Bの高周波焼入れ性向上効果が確保できなくなる。特に、Nの含有量が0.005%を超えると、冷間加工性の低下が著しくなるとともにBの高周波焼入れ性向上効果が得難くなる。したがって、不純物元素としてのN含有量を0.005%以下とした。なお、N含有量は0.004%以下にすることが好ましく、0.003%以下とすれば一層好ましい。

【0040】O:0.005%以下

Oは、酸化物を形成して冷間加工時の変形能を低下させてしまう。特に、Oの含有量が0.005%を超えると、冷間加工時の変形能の低下が著しくなる。したがって、不純物元素としてのOの含有量を0.005%以下\*

$$\varepsilon = \{ (\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2) \times 2 / 3 \}^{1/2} \cdots (a)$$

ここで、(a)式における $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_3$ は主方向の対数歪である。

【0045】(D) 高周波焼入れ

前記(A)に記載の化学組成を有し、熱間加工後に球状化焼鈍され、その後で冷間加工されて所定の形状に成形された鋼材は、高周波焼入れされて、あるいは、必要に応じて高周波焼入れ後に焼戻しが施されて、所望の機械的性質を有する機械構造用部品に仕上げられる。この高周波焼入れの方法は特に規定されるものではなく、通常の方法で行えば良い。

【0046】なお、冷間加工後に高周波焼入れした鋼材の振り強度は、高周波焼入れ深さとしてのHvで400以上となる硬化深さに依存し、 $t/r$ が0.3未満では振り強度が小さいが、前記(A)に記載の化学組成を有する本発明に係る鋼は、通常の高周波焼入れで0.3以上の $t/r$ を容易に達成することができる。 $t/r$ が0.6を超えると振り強度の向上は飽和するか、逆に却って低下し、更に、焼割れも生じ易くなる。したがって、高周波焼入れは、 $t/r$ の値が0.3~0.6になるように行えば良く、このためには、鋼種と高周波焼入

\*とした。

【0041】(B) 球状化焼鈍

上記(A)に記載の化学組成を有する鋼は熱間で加工された後、冷間加工時の変形抵抗を下げるため、球状化焼鈍を施される。この球状化焼鈍は特に規定されるものではなく、通常の方法で行えば良い。

【0042】(C) 冷間加工

熱間加工後に球状化焼鈍された前記(A)に記載の化学組成を有する鋼材は、冷間鍛造などの冷間加工が施されて所定の形状の機械構造用部品に成形される。この冷間加工の方法は特に規定されるものではなく、通常の方法で行えば良い。

【0043】なお、冷間加工で所定の形状に成形された機械構造用部品の高周波焼入れ後の硬化部が安定してJIS粒度番号7以上のオーステナイト結晶粒度を確保できるようにするために、冷間加工は被加工部品において最も大きな加工が加わる部分での加工量が下記(a)式で表される相当歪で2.5以下となるように行うのが良く、相当歪で2.0以下となるように行えば一層好ましい。

【0044】

れ条件を変えた予備実験を行い、その結果に基づいて高周波焼入れすれば良い。

【0047】又、前記(A)に記載の化学組成を有する本発明に係る鋼は、通常の高周波焼入れで結晶粒が粗大化することではなく、JIS粒度番号7以上のオーステナイト結晶粒度が得られるように調整されたものである。このため、結晶粒粗大化による熱処理歪みや硬さのバラツキ、強度低下などを生じることがない。

【0048】以下、実施例により本発明を説明する。

【0049】

【実施例】表1、表2に示す化学組成を有する鋼を通常の方法によって試験炉を用いて溶製した。表1における鋼A~Vは化学組成が本発明で規定する範囲内にある本発明例、表2における鋼a~tは成分のいずれかが本発明で規定する含有量の範囲から外れた比較例である。比較例の鋼のうち鋼r、鋼s及び鋼tはそれぞれJIS規格のS40C、S50C及びS58Cに相当する鋼である。

【0050】

【表1】

表 1

区分	鋼	化 学 組 成 (重量%)											残部: Feおよび不純物			その他
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	B	Nb	Al	N	O	
本発明例	A	0.45	0.14	0.18	0.012	0.011	0.01	0.02	0.12	0.01	0.0020	0.038	0.067	0.0041	0.0028	-
	B	0.42	0.18	0.25	0.010	0.009	0.02	0.03	0.07	0.01	0.0021	0.034	0.071	0.0035	0.0017	Pb:0.25
	C	0.55	0.06	0.33	0.014	0.012	0.01	0.01	0.15	0.03	0.0015	0.028	0.027	0.0047	0.0014	-
	D	0.41	0.08	0.56	0.011	0.011	0.01	0.05	0.12	0.02	0.0015	0.019	0.071	0.0036	0.0021	-
	E	0.40	0.12	0.31	0.012	0.011	0.01	0.03	0.07	0.01	0.0016	0.041	0.059	0.0035	0.0018	-
	F	0.58	0.08	0.22	0.010	0.014	0.05	0.02	0.12	0.01	0.0021	0.019	0.059	0.0034	0.0015	Pb:0.16, Bi:0.07
	G	0.37	0.35	0.15	0.009	0.010	0.01	0.02	0.08	0.01	0.0015	0.033	0.067	0.0031	0.0022	-
	H	0.42	0.05	0.33	0.012	0.012	0.01	0.01	0.14	0.02	0.0015	0.028	0.045	0.0046	0.0017	-
	I	0.51	0.04	0.48	0.012	0.012	0.01	0.04	0.12	0.02	0.0015	0.025	0.077	0.0038	0.0013	Bi:0.06, Te:0.03
	J	0.44	0.35	0.35	0.011	0.013	0.01	0.04	0.07	0.02	0.0013	0.039	0.061	0.0041	0.0015	-
	K	0.53	0.12	0.25	0.012	0.012	0.01	0.02	0.08	0.01	0.0017	0.027	0.045	0.0042	0.0012	-
	L	0.57	0.09	0.18	0.010	0.010	0.01	0.02	0.14	0.01	0.0015	0.034	0.030	0.0045	0.0026	-
	M	0.47	0.09	0.25	0.014	0.014	0.01	0.06	0.07	0.02	0.0015	0.028	0.022	0.0029	0.0019	Bi:0.08
	N	0.56	0.07	0.13	0.011	0.011	0.01	0.09	0.11	0.04	0.0015	0.042	0.065	0.0031	0.0015	-
	O	0.45	0.35	0.12	0.009	0.011	0.01	0.02	0.07	0.01	0.0015	0.032	0.051	0.0035	0.0020	-
	P	0.41	0.06	0.22	0.012	0.012	0.01	0.02	0.08	0.02	0.0018	0.042	0.062	0.0042	0.0018	-
比較例	Q	0.54	0.08	0.35	0.011	0.013	0.01	0.03	0.08	0.02	0.0015	0.045	0.071	0.0040	0.0012	Te:0.04
	R	0.45	0.12	0.35	0.011	0.011	0.01	0.03	0.07	0.01	0.0019	0.035	0.065	0.0025	0.0011	-
	S	0.49	0.15	0.26	0.013	0.010	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0017	0.033	0.049	0.0029	0.0014	Pb:0.15, Te:0.07
	T	0.48	0.09	0.15	0.010	0.011	0.01	0.02	0.09	0.01	0.0017	0.038	0.033	0.0031	0.0022	-
	U	0.58	0.05	0.28	0.012	0.014	0.01	0.01	0.07	0.02	0.0019	0.040	0.028	0.0038	0.0019	Pb:0.08, Bi:0.06, Te:0.07
	V	0.55	0.07	0.22	0.010	0.014	0.01	0.04	0.10	0.01	0.0020	0.042	0.082	0.0042	0.0018	-
																-

【0051】

\*20\*【表2】

表 2

区分	鋼	化 学 組 成 (重量%)											残部: Feおよび不純物			その他
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	B	Nb	Al	N	O	
比較例	a	*0.69	0.34	0.28	0.012	0.012	0.01	0.01	0.08	0.01	0.0012	0.041	0.056	0.0033	0.0017	-
	b	0.44	*0.55	0.52	0.012	0.012	0.01	0.05	0.11	0.02	0.0014	0.032	0.072	0.0026	0.0013	-
	c	0.47	0.12	*0.86	0.011	0.014	0.01	0.05	0.13	0.03	0.0017	0.038	0.044	0.0037	0.0021	-
	d	0.50	0.09	0.41	*0.021	0.010	0.01	0.02	0.13	0.01	0.0018	0.024	0.078	0.0039	0.0042	-
	e	0.47	0.11	0.19	0.012	*0.081	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0011	0.021	0.085	0.0028	0.0017	-
	f	0.52	0.09	0.24	0.012	0.012	*0.15	0.10	0.06	0.01	0.0022	0.036	0.085	0.0047	0.0013	-
	g	0.55	0.08	0.47	0.011	0.013	0.01	*0.17	0.07	0.02	0.0020	0.015	0.057	0.0038	0.0015	-
	h	0.48	0.24	0.53	0.012	0.012	0.01	0.02	*0.28	0.01	0.0019	0.012	0.088	0.0048	0.0012	-
	i	0.44	0.28	0.54	0.010	0.010	0.01	0.02	0.10	*0.15	0.0014	0.031	0.061	0.0039	0.0036	-
	j	0.46	0.13	0.42	0.014	0.013	0.01	0.06	0.18	0.02	*	0.023	0.045	0.0041	0.0019	-
	k	0.56	0.18	0.17	0.011	0.013	0.01	0.04	0.12	0.01	0.0021	*0.003	0.022	0.0030	0.0015	-
	l	0.58	0.16	0.50	0.010	0.010	0.01	0.02	0.12	0.02	0.0015	0.023	*0.001	0.0049	0.0012	-
	m	0.42	0.09	0.52	0.014	0.014	0.01	0.06	0.17	0.02	0.0021	0.019	0.066	*0.0090	0.0036	-
	n	0.50	0.37	0.14	0.014	0.014	0.01	0.06	0.14	0.01	0.0019	0.038	0.045	0.0037	*0.0092	-
	o	0.49	0.09	0.39	0.012	0.013	0.01	0.02	0.09	0.01	0.0015	0.039	0.074	0.0039	0.0035	*Bi:0.25
	p	0.42	0.16	0.35	0.010	0.010	0.01	0.02	0.08	0.02	0.0017	0.034	0.065	0.0046	0.0046	*Pb:0.45
	q	0.41	0.15	0.42	0.012	0.012	0.01	0.02	0.07	0.01	0.0017	0.029	0.049	0.0049	0.0043	*Te:0.18
比較例	r	0.40	0.31	*0.76	*0.022	*0.018	0.01	0.02	0.08	0.01	*	*	0.052	*0.0053	*0.0063	-
	s	0.50	0.28	*0.80	*0.020	*0.020	0.01	0.02	0.07	0.01	*	*	0.056	*0.0063	*0.0056	-
	t	0.58	0.35	*0.74	*0.017	*0.016	0.01	0.02	0.12	0.01	*	*	0.069	*0.0061	0.0042	-

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

【0052】次いで、これらの鋼を通常の方法によって鋼片にした後、1200℃に加熱してから、1200～950℃の温度で熱間鍛造して、直径30mmの丸棒とした。この後、C含有量に応じて通常の方法で球状化焼鈍を行った。

【0053】上記のようにして得られた直径が30mmの丸棒から、直径が15mmで長さが22.5mmの冷間加工用試験片を作製し、500t高速プレス機による通常の方法で冷間（室温）拘束型据え込み試験を行い、割れが発生する限界の据え込み率を測定した。なお、据え込み率が75%まで、各条件ごとに5回の据え込み試験を行い、5個の試験片のうち3個以上に割れが発生す

る最小の加工率（据え込み率）を限界据え込み率として評価した。据え込み率75%で3個以上割れを生じないものは、そこで試験を終了した。

【0054】更に、すべての鋼種の限界据え込み率以下である60%の据え込み率（最も大きな加工が加わる試験片中心部における相当歪は1.5）の場合の変形抵抗を測定した。なお、図1に示すように、変形抵抗をCの含有量で整理し、JIS規格のS40C、S50C及びS58Cに相当する鋼r、鋼s及び鋼tの変形抵抗から求めた直線をJIS機械構造用鋼の変形抵抗とし、鋼A～Vの本発明例の鋼及び鋼a～qの比較例の鋼の変形抵抗と比較した。

【0055】又、上記の直径30mmの丸棒から、直径が28mmで長さが40mmの試験片を切り出し、通常の方法によって冷間で直径が17.7mmまで前方押し出し加工（減面率60%（最も大きな加工が加わる部分である試験片側表面部、つまり、試験片最外層部の相当歪で1.3））を行った。この直径17.7mmに冷間で押し出し加工したものから長さ50mmの試験片を採取し、これに周波数20kHzで高周波焼入れを行った後、通常の方法によって表面硬度とHvで400となる硬化深さ（つまり、焼入れ硬化層の深さ）tを測定し \*10

表 3

区分	鋼	据込み試験			高周波焼入れ性			
		変形抵抗 (MPa)	同等C量のJIS規格鋼の変形抵抗との比	割れ限界 据込み率 (%)	表面 硬度 (Hv)	硬化深 さ t (mm)	t/r	オーステナイト粒 度番号
本 発 明 例	A	686	0.84	≥75	686	3.7	0.42	8.2
	B	689	0.85	≥75	639	3.8	0.43	9.0
	C	731	0.89	≥75	744	2.9	0.33	8.2
	D	712	0.88	≥76	630	3.7	0.42	8.8
	E	689	0.83	≥75	621	3.3	0.37	9.0
	F	697	0.84	≥75	764	3.5	0.39	8.7
	G	703	0.88	≥75	593	3.6	0.41	8.9
	H	700	0.87	≥75	639	3.2	0.37	8.5
	I	676	0.82	≥75	715	3.4	0.39	8.0
	J	724	0.89	≥75	657	3.3	0.38	9.9
	K	689	0.84	≥75	730	3.0	0.34	9.7
	L	714	0.86	≥75	758	2.7	0.31	8.6
	M	704	0.86	≥75	683	2.8	0.31	8.8
	N	655	0.79	≥75	751	3.0	0.34	8.6
	O	718	0.88	≥75	666	3.2	0.36	8.9
	P	674	0.83	≥75	630	3.4	0.38	9.5
	Q	702	0.85	≥75	737	3.0	0.34	9.0
	R	692	0.85	≥75	666	3.6	0.41	9.2
	S	701	0.86	≥75	699	3.1	0.35	9.4
	T	688	0.84	≥75	691	3.0	0.33	8.2
	U	715	0.86	≥75	764	2.8	0.32	9.5
	V	682	0.83	≥75	744	3.5	0.40	9.2

【0058】

【表4】

\*た。次いで、電気炉を用いて150℃で30分の焼戻しを行い、通常の方法によって高周波焼入れ後の硬化部、つまり、焼入れ硬化層のオーステナイト結晶粒度を測定した。

【0056】表3、4に上記の試験結果をまとめて示す。なお、本実施例におけるrは直径17.7mmの試験片の半径、つまり8.85mmである。

【0057】

【表3】



表 4

区 分	鋼	据 込 み 試 験			高 周 波 焼 入 れ 性			
		変形抵抗	同等C量のJIS	割れ限界	表面	硬化深	t/r	オーステ
		(MPa)	規格鋼の変形 抵抗との比	据込み率 (%)	硬度 (Hv)	さ t (mm)		ナイト粒 度番号
比 較 例	*a	762	** 0.90	** 67	821	2.6	**0.29	8.2
	*b	789	** 0.97	** 64	657	4.0	0.45	9.1
	*c	778	** 0.96	** 69	683	3.7	0.42	7.9
	*d	704	0.86	** 60	707	3.6	0.41	8.9
	*e	664	0.82	** 61	683	2.8	0.32	8.3
	*f	682	0.83	** 67	722	3.5	0.40	8.0
	*g	754	** 0.91	≧75	744	3.3	0.38	8.8
	*h	751	** 0.92	≧75	691	4.6	0.52	8.0
	*i	786	** 0.97	** 69	657	3.7	0.42	7.7
	*j	731	** 0.90	≧75	674	2.2	**0.25	7.1
	*k	724	0.88	** 68	751	2.3	**0.26	**5.9
	*l	782	** 0.94	** 70	764	2.4	**0.27	**6.6
	*m	739	** 0.91	** 69	639	4.1	0.46	7.6
	*n	739	** 0.90	** 64	707	3.6	0.40	7.6
	*o	702	0.86	** 63	699	3.2	0.36	7.9
	*p	708	0.88	** 65	639	3.1	0.35	7.8
	*q	719	0.89	** 67	630	3.3	0.37	8.3
	*r	801	1.00	≧75	621	2.4	**0.27	**5.4
	*s	815	1.00	** 74	707	2.5	**0.28	**5.3
	*t	821	1.00	** 72	764	2.7	0.30	**5.1

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

\*\*印は目標に未達であることを示す。

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

\*\*印は目標に未達であることを示す。

【0059】表3、4から、化学組成が本発明で規定する範囲内にある本発明例の鋼A～Vを母材鋼とするものは、同等のC含有量のJIS機械構造用炭素鋼に対して据え込み時の変形抵抗が10%以上低く、変形能としての割れが発生する限界の据え込み率は75%以上である。しかも、高周波焼入れした時の $t/r$ が0.3以上であり、高周波焼入れ後の硬化部、つまり、焼入れ硬化層のオーステナイト結晶粒度もJIS粒度番号7以上で、目標性能を満足している。

【0060】これに対して比較例の鋼を母材とする場合には、(イ)同等のC含有量のJIS機械構造用炭素鋼に対して変形抵抗の低下率が10%に満たない、(ロ)限界の据え込み率が75%に満たない、(ハ)高周波焼入れした時の $t/r$ が0.3未満である、(ニ)高周波

焼入れ後の硬化部、つまり、焼入れ硬化層のオーステナイト結晶粒度がJIS粒度番号7未満である、のいずれか1つ以上に該当する。このため、冷間加工性と高周波焼入れ性とが両立しない。

【0061】

【発明の効果】本発明鋼は、球状化焼鈍後の冷間加工性と高周波焼入れ性に優れ、しかも高周波焼入れで粗粒化することがないので、機械構造用部品、なかでも自動車の足廻り部品である等速ジョイントなどの母材として利用することができる。この機械構造用部品は、本発明の方法によって比較的容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】変形抵抗とCの含有量との関係を示す図である。

【図1】

